

Pirolisis Sampah Sterofoam dengan Katalis Ni/Silika

By Siti Salamah

Pirolisis Sampah Sterofoam Dengan Katalis Ni/Silika

10

Siti Salamah^{1*}, Maryudi²^{1,2} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Ahmad Dahlan

Jl. Prof.Dr.Soepomo,SH., Janturan Umbulharjo Yogyakarta.

Telp./Fax. (0274)563515, Ext. 3131

*Email: sitisalamah@che.uad.ac.id

Abstrak

Sterofoam telah menjadi bahan yang digunakan secara luas dalam industri dan kehidupan sehari-hari, namun sifat bahan ini yang sulit terurai di alam menjadi suatu permasalahan tersendiri. Teknik pengolahan sampah sterofoam seperti daur ulang telah dikembangkan, tetapi sampah sterofoam yang terjangkau kegiatan daur ulang tidak terlalu besar. Teknik pirolisis dilakukan untuk sampah sterofoam yang tidak terjangkau daur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh katalis logam pengembun dalam pirolisis. Hasil penelitian pirolisis dengan katalis Ni/silika menunjukkan masih mengandung senyawa aromatis benzena dan toluena yang cukup tinggi. Ikatan rangkap dalam benzena dan toluena direngkah dengan katalis ini diharapkan dapat diputus dan menjadi senyawa hidrokarbon rantai terbuka seperti bahan bakar fraksi gasoline (C_7, C_{13}). Penelitian ini dilakukan dengan mengecilkan ukuran sterofoam, sampel dimasukkan dalam reaktor pirolisis dan dicampur dengan katalis Ni/silika. Katalis yang akan digunakan ditimbang dengan 1% b/b terhadap berat sampel sterofoam. pirolisis dijalankan pada temperatur 460° C sampai keluar hasil. Percobaan diulang dengan variabel berat katalis 2%,3%,4% dan 5 % dan suhu operasi. Hasil Cairan Pirolisis (CHP) dianalisis dengan Kromatografi Gas (GC-MS) untuk mengetahui kompen senyawa yang terkandung. Pirolisis sampah sterofoam dengan katalis Ni/silika menghasilkan CHP dengan yield optimal 93 % menggunakan katalis 4 %. Hasil analisis CHP dengan GC-MS, komponen terbanyak mengandung senyawa stirena (C_8H_8), Benzena dan turunannya. CHP dengan berat katalis 3 %, mengasilkan stirena yang paling rendah, dan terbentuk senyawa asam karboksilat.

Kata kunci: Stereiform, pirolisis, katalis

A. PENDAHULUAN

Panjang maksimal *Waste* atau limbah atau sampah selalu menjadi masalah di dunia termasuk di Indonesia. Dari berbagai macam sampah salah satu sampah yang banyak kita jumpai adalah jenis sampah Styrofoam (*polystyrene*) karena banyak kegunaannya. Styrofoam hingga saat ini merupakan bahan yang banyak digunakan oleh kalangan idustri dan rumah. Dalam industri terutama industri elektronika sebagai *packing* barang – barang elektronik, seperti TV, kumpter, kulkas, mesin cuci, *magic jare*. Dalam industri rumah ¹ styrofoam banyak dijumpai sebagai bungkus makanan atau kemasan, karena material ini mampu mempertahankan pangan yang panas/dingin, tetap nyaman dipegang, mempertahankan kesegaran dan keutuhan pangan yang dikemas, ringan, dan inert terhadap keasaman pangan. Karena kelebihanannya tersebut, kemasan ini digunakan untuk mengemas pangan siap saji, segar, maupun yang memerlukan proses lebih lanjut. Banyak restoran siap saji menyuguhkan hidangannya dengan menggunakan kemasan ini, begitu pula dengan produk-produk pangan seperti mi instan, bubur ayam, bakso, kopi, dan yoghurt (Ernawati,2012) .

Styrofoam juga sering digunakan sebagai bahan dekorasi sebuah pertunjukan atau peringatan, karena material jenis ini sangat mudah dalam membentuknya. Butiran styrofoam juga dipakai sebagai bahan pengisi sofa, karena material ini sangat ringan namun elastis dll. Penggunaan styrofoam yang sangat tinggi memunculkan akibat terjadinya penumpukan sampah styrofoam. Menurut (Yang, Y., et all, 2015) saat ini konsumsi sintesis dari bahan baku styrofoam mendekati 7,1 % (21 Mt/tahun) dari konsumsi plastik di tahun 2013. Disisi lain pengolahan sampah styrofoam dengan cara pembakaran bukan metode yang aman bagi lingkungan karena akan menyebabkan emisi gas yang potensial menyebabkan polutan dan menyebabkan efec rumah kaca seperti CO₂, SO_x, gas klo (Rodiansono,2005). Sterofoam yang mempunyai nama lain

polistyrena. *Polistyrena* merupakan salah satu polimer yang ditemukan pada tahun 1930, dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan suspensi. Stirena dapat diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak memiliki bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau ditulis sebagai C_8H_8 (Yang, Y., et all, 2015, Mahmud, M.E., 2015). Dari kandungan senyawanya nampak bahwa sterofoam merupakan sampah yang sulit di degradasi sehingga perlu pengolahan lain yang lebih bermanfaat. Di Indonesia sudah tercantum dalam Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengolahan Sampah yaitu pengurangan sampah dapat dilakukan melalui pembatasan timbunan sampah (*reduce*), pemanfaatan kembali sampah (*reuse*) dan pendauran ulang sampah (*recycle*) (Reynaldy, Deny, 2012). Ada beberapa metode yang telah berhasil diteliti dalam mengkonversi limbah sterofoam, diantaranya adalah dengan pirolisis (*thermal cracking*), *hydrocracking* dan hidroisomerisasi. Selain metode dan proses yang digunakan, jenis katalis yang digunakan dalam proses ternyata mempengaruhi tinggi rendahnya komposisi produk yang dihasilkan yaitu gas, cairan dan padatan yang terbentuk. Dengan dikembangkan katalis metode tersebut diharapkan limbah sterofoam yang selama ini menjadi masalah lingkungan dapat menjadi solusi. Dengan alternatif mengubah limbah sterofoam dengan metode pirolisis menjadi suatu energi bahan bakar alternatif (Angga, 2013).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengolah limbah material yang mengandung polystyrene, antara lain (Rodiansono, 2005) membuat katalis Ni-Mo/zeolit Y untuk mengolah sampah plastik menjadi fraksi gasoline. Mahmud, M.E., (2015) telah merecycle limbah sterofoam menjadi material yang baru untuk keperluan lingkungan dan manusia dengan prosedur nitrasasi dan sulfonasi sterofoam, material ini dapat mengadsorb Cd(II), Pb(II) dan Hg (II) dari larutan limbah. Sterofoam dapat di degradasi menggunakan *meal worm* (Yang, Y., et all, 2015). Maryudi dan Salamah (2015) telah melakukan penelitian pirolisis sterofoam dengan katalis zeolit alam. Hasil dari analisis GC-MS terhadap sampel menunjukkan pirolisis sample murni (tanpa zeolit) mengandung 19 senyawa dengan komponen terbesar adalah benzena dan toluen yang merupakan senyawa aromatis. Dengan menambahkan zeolit alam dengan variasi berat zeolit menunjukkan bertambah banyak senyawa, namun masih mengandung senyawa aromatisnya. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa sterofoam mengandung ikatan rangkap 2, yang dapat terengkah dengan hadirnya katalis zeolit alam. Dalam penelitian ini akan diteliti untuk merengkah ikatan rangkap dalam senyawa aromatis dengan katalis logam pengemban (Ni/alumina) menjadi senyawa rantai panjang yang harapannya dapat dijadikan bahan bakar baik fraksi gasoline atau diesel.

B. METODE PENELITIAN

1. Persiapan Bahan

Pirolisis *Sterofoam* dilakukan dengan reaktor pirolisis, sampel *Sterofoam* dibuat ukuran kecil kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis yang diisi juga dengan katalis. Limbah *styrofoam* bekas dikecilkan ukurannya, hal ini dimaksudkan untuk menjadikan homogen saat di dalam reaktor, dan luas permukaannya semakin besar sehingga kontak dengan katalis semakin besar terjadi.

2. Pirolisis *Sterofoam*

Memasukan bahan dalam reaktor dengan komposisi sterofoam dengan katalis Ni/Silika (serbuk) dicampur. Melakukan pirolisis dengan suhu 460° dengan variabel perbandingan berat umpan dan katalis serta mencatat berat hasil dan waktu yang diperoleh saat pirolisis sterofoam berlangsung. Uap dari dekomposisi sterofoam akan di alirkan melalui pendingin vertikal menuju penampungan (erlenmeyer 25 ml). Setelah tidak ada tetesan cairan sterofoam lagi maka penampung (erlenmeyer 25 ml) di tutup dengan rapat agar tidak menguap. Jika proses pirolisis telah selesai, maka reaktor dimatikan dan didinginkan. Produk yang terbentuk di timbang. Setelah reaktor dingin, kemudian menimbang berat residu. Prosedur diulang dengan variabel berat katalis. Hasil Cairan Produk pirolisis (CHP) dianalisis. Analisis data dari sampel yang diperoleh yaitu dengan Kromatografo Gas –Mespec (GC-MS), untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam produk juga presentasinya berdasarkan luas area (%) kromatogram. Analisis dilakukan di laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Gadjah mada

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

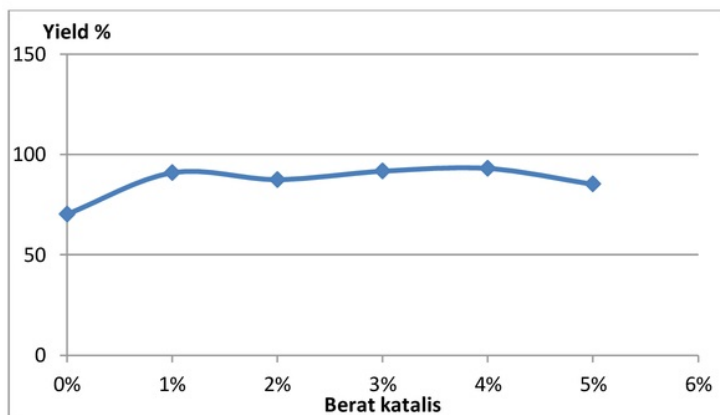
1. Hasil Pirolisis

Pyrolisis dilakukan dengan penambahan katalis Ni/Silika dengan variabel berat katalis terhadap berat styrofoam. Berat katalis yang digunakan terdapat pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 Perbandingan Berat *Styrofoam* dengan Variasi berat katalis

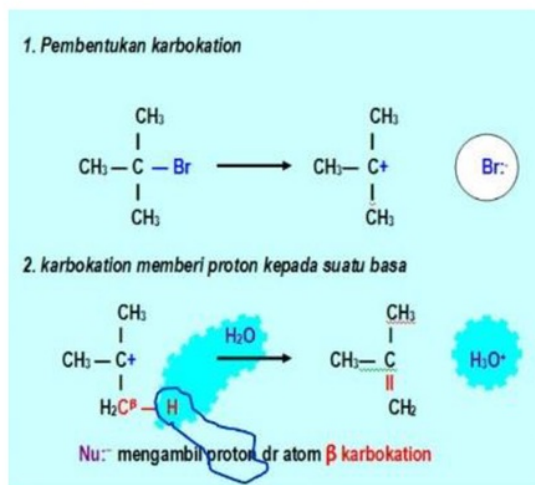
<i>Styrofoam</i> (gram)	Persentase Ni/silika	Ni/silika (gram)
130	0 %	0
130	1 %	1,3
3 130	2 %	2,6
4 130	3 %	3,9
5 130	4 %	5,2
6 130	5 %	6,5

Secara teoritis pembentukan produk dalam bentuk Cairan Hasil Pirolisis (CHP) dipengaruhi oleh karakter katalis. Hal ini karena karakter katalis akan menentukan mekanisme pembentukan produk. Hasil pirolisis styrofoam terdapat pada gambar 1 berikut ini .



Gambar 1. Hasil pyrolisis *styrofoam* dengan variabel berat katalis

Penggunaan katalis diharapkan dapat menaikkan hasil yang diperoleh yaitu terbukanya ikatan rangkap pada senyawa *Polystirena* yang merupakan komponen dari *styrofoam*. Dari hasil pirolisis, nampak bahwa pirolisis tanpa katalis (0 %) yield nya hanya 70,1 %. Yieldnya bertambah dengan penggunaan katalis, Yield tertinggi diperoleh dengan menggunakan katalis 4 % yaitu 93 %, namun pada berat katalis optimal yang digunakan, yield dari reaksi semakin berkurang. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pirolisis dengan katalis berat 5,2 gram (4 %) merupakan titik optimum pada proses pirolisis *styrofoam* dengan suhu 460 °C. Karena pada persentase katalis 5 % telah melewati titik operasi optimum katalis itu sendiri. Mekanisme reaksi pirolisis katalitik yang dikatalisis oleh Ni/Silika adalah mekanisme intermediet ion-karbonium. Ni yang diimbaskan pada silika memiliki permukaan asam yang memungkinkan terjadinya mekanisme tersebut. Pemutusan ikatan C-H dari molekul *polystyrene* dapat membentuk baik ion karbonium maupun karbokation. Ion karbonium juga merupakan intermediet reaksi pembentukan dan pemutusan ikatan C-C, itulah yang menyebabkan volume produk cairan meningkat serta terbentuknya senyawa-senyawa baru (Gates, 1979). Adapun mekanisme reaksi karbokation sebagai berikut :



Gambar 2. Mekanisme Reaksi Pembentukan Karbokation

Menurut Undri dkk. (2014) meningkatnya produk *liquid* atau CHP dipengaruhi oleh lama waktu pirolisis, temperatur pirolisis, proses kondensasi yang optimum dan katalis karena faktor ini yang mempengaruhi proses dekomposisi dari hidrokarbon.

2. Hasil analisis Pirolisis

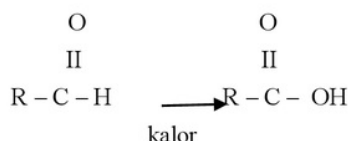
Analisis cairan pirolisis menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) di laboratorium kimia organik departemen FMIPA Universitas 16 Gadjah Mada. Analisis dilakukan pada semua sampel. Hasil analisis kandungan Pirolisis terdapat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Hasil Analisis GC-MS Cairan Pirolisis

Nama senyawa	Kandungan katalis					
	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
Kandungan senyawa (%)						
Stirena	62,51	58,71	70,54	45,89	69,07	64,82
Toluen	2,42	5,16	3,66	2,73	4,48	4,61
Benzena	0,00	0,80	0,63	0,65	1,98	2,42
Benzena dan turunannya	32,9	32,34	11,74	31,62	22,49	22,06
Naftalena	0,66	0	0	0	0	0,24
Keton	0,27	1,24	0	0	0,76	0,65
Aldehid	1,18	1,11	0,81	0,67	0,77	0
Alkohol	0	0	3	0	0	4,23
Asam karboksilat	0	0	9,63	17,92	0	0
Eugenol	0	0	0	0,33	0	0,44

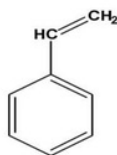
Dari tabel di atas nampak bahwa hasil analisis dengan Kromatografi Gas Mes – Pec (GC-MS) belum menghasilkan fraksi senyawa yang diharapkan, namun dibandingkan dengan

yang tanpa katalis menunjukkan adanya senyawa senyawa baru Asam karboksilat, Eugenol. Hal ini menunjukkan sudah terjadinya pemutusan ikatan pada senyawa *polysterene*. Hasil analisis menunjukkan pada pirolisis yang tidak menggunakan katalis masih dominan mengandung styrene dan senyawa-senyawa turunan benzena. Pada pirolisis dengan katalis 3 %, kandungan senyawa sterena berkurang, mengandung *styrena* 45,89 %, senyawa benzena dan juga berkurang 31,62 %, muncul senyawa baru yaitu asam karboksilat 17,93 % dan Eugenol 0,33 %. Adanya senyawa karboksilat menunjukkan terjadinya reaksi oksidasi dari senyawa aldehid. Hal ini nampak pada pirolisis ini kandungan aldehidnya menurun paling rendah dibandingkan dengan pirolisis dengan katalis yang lain. Proses oksidasi aldehid menjadi asam karboksilat mengikuti reaksi sebagai berikut :



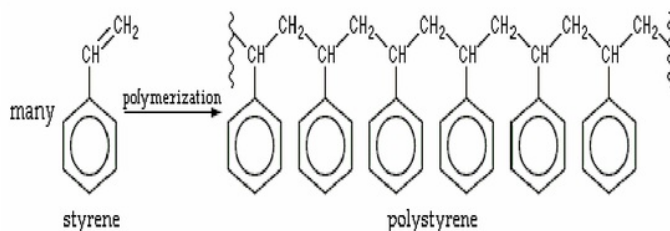
R dalam hal ini masih menunjukkan mengandung senyawa aromati (Riswiyanto,2009)

Penggunaan katalis pada pirolisis *stereofoam* bertujuan untuk mendekomposisi *polysterene* dalam *stereofoam* untuk menjadi senyawa senyawa yang lebih kecil. Ikatan rangkap pada senyawa monomer *stereena* dapat diputus menjadi senyawa hidrokarbon rantai panjang dengan hadirnya katalis. Hasil pirolisis menunjukkan sebagian besar cairan pirolisis masih mengandung *stirena*. *Styrena* mempunyai rumus molekul C_8H_8 dengan nama struktur sebagai berikut :



Gambar 3. Struktur Kimia *Styrene*

Styrene atau *stirena*, juga dikenal dengan nama *Ethenyl Benzene* dan *Vinil Benzene* adalah senyawa organik dengan rumus molekul $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$. Senyawa turunan benzena ini berbentuk cairan seperti minyak yang mudah menguap dengan bau manis. *Stirena* adalah bahan dasar dalam pembuatan *polystyrene* atau *styrofoam*.



Gambar 4. Struktur Kimia *Polystyrene*

Hasil analisis GC-MS dari cairan pirolisis *styrofoam* menunjukkan komponen tertinggi adalah senyawa *styrene*. Pada gambar 5, senyawa *styrene* merupakan komponen dasar dalam pembuatan *polystyrene*. Dapat diartikan penggunaan katalis Ni/silika pada pirolisis *styrofoam* kurang efektif dikarenakan hanya memotong rantai panjang dari *polystyrene* dan masih banyak menghasilkan senyawa-senyawa aromatik *stirena*, benzena dan turunannya. Penggunaan katalis Ni/silika belum dapat memotong rantai tertutup pada senyawa aromatik yang terdapat pada

styrofoam, sehingga pada tabel 2 hasil analisis yang terbentuk semuanya senyawa aromatik rantai tertutup. Belum optimalnya proses dekomposisi pada pirolisis kemungkinan juga disebabkan karena terjadinya *bulk* di reaktor karena sampel dan katalis, sehingga peran katalis kurang maksimal. Adanya sampel padat dan Ni dalam satu reaktor justru membentuk blok-blok di dalam pori pengemban sehingga kemampuan katalis menjadi berkurang. Hal ini didukung oleh hasil dengan berat katalis yang paling besar 5 %, yield pirolisis menurun dan hasil analisis CHP menunjukkan kandungan senyawa stirena relatif tinggi (lebih tinggi dari CHP tanpa katalis).

Masih banyaknya senyawa aromatik dengan rantai tertutup pada hasil GC-MS menunjukan belum maksimalnya dekomposisi pada *styrofoam* dengan katalis. Maka diperlukannya penelitian lanjutan tentang pemberian katalis yang sesuai, untuk dapat memutus senyawa aromatik rantai tertutup menjadi senyawa dengan rantai ikatan lebih pendek.

15

D. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pirolisis sampah *sterefoam* dengan katalis Ni/Silika menghasilkan Cairan Hasil Pirolisis (CHP) dengan yield optimal 93 % menggunakan katalis 4 %.
2. Hasil analisis CHP dengan Kromatografi Gas Mes-Pec (GC-MS), komponen terbanyak mengandung senyawa stirena (C_8H_8), Benzena dan turunannya.
3. CHP dengan berat katalis 3 %, menghasilkan stirena yang paling rendah, dan terbentuk senyawa asam karboksilat.

DAFTAR PUSTAKA

- Angga. 2013. *Pembuatan Stirena dari Limbah Plastik dengan Metode Pirolisis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Augustine, R.L., 1996, *Heterogeneous Catalysis for The Synthetic Chemist*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Ermawati, R. 2011. *Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Alternatif*. Jurnal Riset Industri Vol V, No 3
- Gates, B.C., Katzer, J.R., Schui, G.C.A., (1979), *Chemistry of Catalytic Process*, Mc.Graw-Hill Book Company, New York.
- Hegedus, L.L., 1987, *Catalyst Design Progress and perspectives*, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.
- Mahmud, M.E., Abdau, Azza, E.H and Somia B. Ahmed (2015) *Conversion on waste Styrofoam Into Engineered Adsorbent for efficeint Removal of cadmium Lead and mercury from water*, "Sustainable Chemistry & Engineering": pp 1- 34.
- Maryudi, Salamah, S. 2015, *Optimasi proses pirolisis sampah styrofoam secara katalitik*, Laporan Penelitian, Regulan Program Study, FTI Universitas Ahmad Yogyakarta.
- Reynaldy, Deny. 2012. *Pengaruh Penambahan Aditif Polietilena Terhadap Hasil Pirolisis Limbah Polistirena Secara Batch*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Riswanto, 2009, *Kimia Organik*, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Rodiansono, Trisunaryanti, W (2005), "Acitivitytest and Regeneration of Ni-Mo/Zeorlit catalyst for Hydrocracking of water palstik fraction to gasoline fraction". Indonesia Journal Chemistry, 5 (3): 261 – 268.
- Sa'diyah, Khalimatus. 2012. *Pengaruh Waktu, Suhu, dan Jumlah Katalis Zeolit Alam Pada Produk Proses Pirolisis Limbah Plastik Polipropilen (PP)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Yang, Y., Yang jun, Wu wein – Min, Zhaw J, Sang Y., Gaw L., Sang L., (2015), "Biodegradation and mineralization of polystyrene by blastic –Eating Meal worms, Part I., Chemical and physical Characterization and Isotopic test, Enviromental Scient & Technology. American Chemical Society, (49): pp 12080-12086
- Undri, A., Rosi, L., Frediani, M., and Frediani, P. 2014. *Efficient Disposal of Waste Polyolefins through Microwave Assisted Pyrolysis*, Fuel. pp.116, 662-671.

Pirolisis Sampah Sterofoam dengan Katalis Ni/Silika

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

- | | | |
|---|--|---------------|
| 1 | mayabaraguna.blogspot.com
Internet | 64 words — 3% |
| 2 | eprints.ums.ac.id
Internet | 50 words — 2% |
| 3 | wahyudimuhammad.blogspot.com
Internet | 44 words — 2% |
| 4 | Shanty Silitonga. "To be an affordable healthy house, case study Medan", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018
Crossref | 42 words — 2% |
| 5 | id.wikipedia.org
Internet | 22 words — 1% |
| 6 | producaoonline.org.br
Internet | 20 words — 1% |
| 7 | info.animalproduction.net
Internet | 18 words — 1% |
| 8 | John Kwame Bediako, D. Harikishore Kumar Reddy, Myung-Hee Song, Wei Wei, Shuo Lin, Yeoung-Sang Yun. "Preparation, characterization and lead adsorption study of tripolyphosphate-modified waste Lyocell fibers", Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017
Crossref | 16 words — 1% |
| 9 | es.scribd.com
Internet | 16 words — 1% |

10	de.slideshare.net Internet	16 words — 1%
11	Wong, S.L., N. Ngadi, N.A.S. Amin, T.A.T. Abdullah, and I.M. Inuwa. "Pyrolysis of low density polyethylene waste in subcritical water optimized by response surface methodology", Environmental Technology, 2015. Crossref	15 words — 1%
12	Harti, S.. "Physicochemical characterization and adsorptive properties of some Moroccan clay minerals extruded as lab-scale monoliths", Applied Clay Science, 200705 Crossref	14 words — 1%
13	repository.ugm.ac.id Internet	12 words — < 1%
14	www.ucowr.siu.edu Internet	10 words — < 1%
15	problemposingsiswasmpunila.wordpress.com Internet	10 words — < 1%
16	laodemuhamadarifin.blogspot.com Internet	9 words — < 1%
17	korantransaksi.com Internet	9 words — < 1%
18	Y. Xu. "The Effect of Metal Dispersion on Ni/Al ₂ O ₃ Wax Hydrofining Catalyst", Petroleum Science and Technology, 5/2007 Crossref	8 words — < 1%
19	www.md.ucl.ac.be Internet	8 words — < 1%
20	ejournal-s1.undip.ac.id Internet	8 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF